中国毛霉菌目(Mucorales)的分类
I. 笄霉科(Choanephoraceae)*

郑儒永 胡蕿媚
(中国科学院微生物研究所)

笄霉科(Choanephoraceae)是毛霉目(Mucorales)中的一个小科,在生长习性上和毛霉目的其它各科不同。它們大多数是植物花部的弱寄生菌,可以从很多植物的蔫花或瓜、果上分离得到,在适宜条件下也可引致各种作物的花腐病和瓜、果的病害。这种习性在毛霉目中是不多見的。除高等植物的花、果外,在其它腐烂物質上和土壤中亦有分布。形态方面,与其它各科显著不同的地方在于这个科有大型孢子囊、小型孢子囊和"分生孢子"等三种孢子器官,而且分别长在不同的孢子枝上面。

根据戴芳瀾(1936—1937)在《中国真菌名录》中的記載,本科的种在国內报导过的只有1个: *Choanephora cucurbitarum* (包括 *C. manshurica*)。我們在过去三年內陆續累积了本科的菌株138号,鉴定出 *Gilbertella* 属的1个种: *G. persicaria* (Eddy) Hesseltine 和笄霉属(*Choanephora*)的5个种: *C. circinans* (Naganishi et Kawakami) Hesseltine et Benjamin, *C. trispora* (Thaxter) Sinha, *C. cucurbitarum* (Berkeley et Ravenel) Thaxter, *C. conjuncta* Couch 和 *C. infundibulifera* (Currey) Saccardo。在笄霉科全部报告过的种中,只有笄霉属的1个种, *C. heterospora* Mehrotra et Mehrotra 在国內尙未被发現。

材料和方法

从植物的蔫花、烂果上面最易分离到笄霉科的菌株。在温暖潮湿的季节,常常可以从蔫花上直接找到菌絲体和"分生孢子"。在温暖而較干燥的季节,可将落花或蔫花放保湿皿內在26—28℃(夏季室温)培养1—2天,誘使菌絲和孢子从基物上生长出来。从瓜、果上分离的方法和上面相同。从其它基物(如烂紙、烂布、烂叶等等)上分离笄霉科的菌株則不能用上述直接放在保湿皿內的方法而必須将基物放在馬鈴薯葡萄糖琼胶培养基(PDA)上面才能分离得到。从土壤中有时也可找到笄霉科的菌株。其分离方法与一般土壤真菌的分离方法相同,主要是采用稀释法(dilution-plate method)或土壤平板法(soil-plate method),分离用的培养基以PDA培养基为主,配合使用其它培养基如查氏培养基、馬丁培养基等; pH采用5和7两种,培养温度为26—28℃(夏季室温)。

我們仿照 Barnett 和 Lilly (1950, 1955, 1956) 在 *Choanephora cucurbitarum* 孢子形成的研究中所采用的方法,即通过对温度、湿度、光照和 CO_2 的控制,获得了这个科的"分

* 这項工作是在戴芳瀾先生指导下进行的,稿成后又承詳加修改,邓叔羣、林鎔、王云章和相望年諸先生审閱过本文并提出了許多宝貴意見,謹致謝忱。此外,韓者芳同志协助描繪插图,所內、外的許多同志协助收集材料,一并致謝。

生孢子"、孢囊孢子和接合孢子。"分生孢子"在下列条件下形成良好：24—26℃，相对湿度低于50%，減除培养皿內积聚的CO_2，在光照下生长2天后放黑暗处培养。孢囊孢子在下列条件下可以产生：30—32℃，相对湿度50—100%，減除培养皿內积聚的CO_2，在黑暗中培养。这个科的种的(+)、(−)菌系在自然界中常有分布，經过单孢子分离后很容易获得，将(+)、(−)菌系进行混合培养即可获得接合孢子。接合孢子的形成对环境条件的要求不象"分生孢子"和孢囊孢子那样严格，但在黑暗中比在光照下形成較多。

在整个鉴定工作过程中都是采用綜合毛霉菌培养基 (SMA)* 和 PDA 培养基。前者是我們在鉴定毛霉目各科、属时一向沿用的一种綜合培养基。因笄霉科的菌种往往在 PDA 培养基上形成更多的孢子，所以除 SMA 培养基外同时兼用 PDA 培养基。在进行(+)、(−) 菌系的混合培养試驗中則完全采用 PDA 培养基。鉴定培养的溫度为 26—28℃，pH 为 5.5。

笄霉科 (Choanephoraceae) 的分类

Choanephoraceae Fitzpatrick, The Lower Fungi, p. 258, 1930.

emend. Naumov, Clés des Mucorinées, p. 97, 1939.

菌絲分枝繁茂，生长迅速，白色或稍带黃色；大型孢子囊、小型孢子囊和"分生孢子"长在不同的孢子枝上；孢囊梗上产生多孢子的大型孢子囊或少数孢子的小型孢子囊，"分生孢子"梗上則产生"分生孢子"；大型孢子囊內有囊軸；孢囊孢子一般深色，大多有縱状条紋，两端常有成束而无色的細絲；"分生孢子"也是深色的，有或沒有縱状条紋；配囊柄大多鉗状，下部互相扭結；接合孢子表面近乎光滑，常有縱状条紋，但有的配囊柄也可以是对生的，接合孢子表面粗糙；目前所知道的种均为异宗配合。

笄霉属很早就有报导。Currey (1873) 根据 *Choanephora cunninghamiana* (= *C. infundibulifera*) 描述了 *Choanephora* 一属，但却把它归到半知菌內；其后 Cunningham (1878) 发現了它的孢子囊和接合孢子，把它轉到毛霉目。Fischer (1892) 在他的毛霉目研究中完全沒有提到笄霉属。Lendner (1908) 則把它和 *Chaetocladium*, *Cunninghamella* 两属一起放在 Chaetocladiacée 科內。随后 Thaxter (1914) 又根据 *Blakeslea trispora* 描述了 *Blakeslea* 一属。直到 1930 年，Fitzpatrick 才正式成立笄霉科 (Choanephoraceae)。在他的分类中，Chaetocladiaceae 科內只剩下了 *Chaetocladium* 一个属，*Choanephora* 和 *Cunninghamella* 被移出并加入 *Blakeslea* 一属成立 Choanephoraceae 这一新科。除了上述 3 属外，Zycha (1935) 在 Choanephoraceae 中还加入了 *Rhopalomyces*, *Sigmoideomyces* 和 *Thamnocephalis* 3 个属。*Rhopalomyces* 实际上是一种半知菌，*Sigmoideomyces* 到底是一种半知菌抑或是一种藻状菌目前尚未肯定，因此放在毛霉目內也是极端可疑的

* SMA 培养基 (Cutter, 1946) 的成分如下：

葡萄糖	40g
天門冬酰胺	2g
KH_2PO_4	0.5g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.25g
硫胺素	0.5mg
琼胶	17g
蒸餾水	1000ml

(Hesseltine, 1955)，只有 *Thamnocephalis* 是与 *Cunninghamella* 較为接近的一个属。除了 Fitzpatrick (1930) 和 Zycha (1935) 外，伊藤誠哉 (1936)，Christenberry (1940)，欧世璜 (1940) 等均将 *Cunninghamella* 保留在笄霉科内。Naumov (1939) 根据 *Cunninghamella* 完全以"分生孢子"进行无性繁殖这一特性将此属移出成立 Cunninghamellaceae 一科(在这个科内还包括了 *Thamnocephalis* 和 *Sigmoideomyces* 两个属)，于是笄霉科中只剩下了 *Choanephora* 和 *Blakeslea* 二属。这种分类方法目前已經得到了普遍的承認，特别是受到了許多研究毛霉菌的工作者的支持。如 Cutter (1946) 承認这个新科并进一步指出，*Cunninghamella* 除了完全不形成孢子囊和"分生孢子"的球形有刺与 *Choanephora* 和 *Blakeslea* 的孢子相差很远外，接合孢子形态也与这两个属的接合孢子不同(当时尚未成立 *Gilbertella* 一属)。Hesseltine (1955)，Boedijn (1958)，Ainsworth (1961) 等人亦承認 Cunninghamellaceae 这一个新科。我們也認为在笄霉科中不包括 *Cunninghamella* 是最合理的，除了上述种种理由之外，笄霉科的各种孢子，特别是"分生孢子"都是深色的，而 *Cunninghamella* 的孢子却是浅色的。

至于 *Blakeslea* 一属能否成立的間題，目前大多数的工作者都同意将它合并到 *Choanephora* 属中去。据过去的意見，两者的区别在于：(1) *Blakeslea* 除大型孢子囊外还有小型孢子囊而无"分生孢子"，*Choanephora* 除大型孢子囊外还有"分生孢子"而无小型孢子囊；(2) *Blakeslea* 的孢囊孢子有綫状条紋，而 *Choanephora* 的孢囊孢子沒有綫状条紋，"分生孢子"才有綫状条紋。关于毛霉目中的"分生孢子"的性質問題久有爭辩。van Tieghem 和 Le Monnier (1873)，Mangin (1899)，Bainier 和 Sartory (1913)，Thaxter (1914)，Torrey (1921) 等人均認为毛霉目中沒有眞正的分生孢子，Thaxter (1914) 进一步指出笄霉科的"分生孢子"为单孢孢子囊。Poitras (1955) 也支持这种看法。反对这种看法的人，如 Brefeld (1872) 和 Cunningham (1878)，則認为笄霉科的"分生孢子"为眞正的分生孢子。Poitras (1955) 所列举的一些現象，我們在工作中也是經常观察到的。例如，在鏡检的时候，往往可以看見 *Choanephora* 属的"分生孢子"有这样的現象：孢子两端均有白色透明的部分，中間部分与四周的壁相隔有一定的距离，而且只有这个中間部分才具有綫状条紋，外壁是光滑的；在孢子萌发的时候，芽管从内部穿破外壁长出，的确是一个单孢子的孢子囊。*Choanephora* 的"分生孢子"既然是一个单孢子的小型孢子囊，与 *Blakeslea* 一屬就无根本的区别了。其次，关于各种孢子的綫状条紋存在的情况各人意見也是不一致的。如 Poitras (1955) 認为无論是孢囊孢子、"分生孢子"或是接合孢子都有綫状条紋，并且提出这是笄霉科的一个重要特征，但是大多数人的报导則因属因种的不同而异。許多人認为 *Blakeslea* 的孢囊孢子有綫状条紋而 *Choanephora* 的孢囊孢子沒有，但在我們的观察中，*C. circinans*, *C. conjuncta* 和 *C. cucurbitarum* 中的某些菌株的孢囊孢子均有綫状条紋。还有人認为 *Choanephora* 的"分生孢子"才有綫状条紋，但在我們观察过的 50 余号的 *C. infundibulifera* 和 *C. conjuncta* 中，其"分生孢子"虽在高倍放大下检視也从未見具有綫状条紋。因此，綫状条紋的有无仅可視为种間或菌株間的差別，以它作为分属依据是不恰当的。此外，一般認为 *Choanephora* 沒有小型孢子囊而 *Blakeslea* 才有，但我們在 *Choanephora infundibulifera*, *C. conjuncta*, *C. cucurbitarum*, *C. circinans* 等种的許多菌株中均发現有介乎大、小型孢子囊之間的孢子囊——直径較小，

孢子囊內孢子数目也很少（不超过 10 个，有时甚至只有 4—5 个孢子），孢子囊內有或甚至沒有退化的囊軸。总而言之，这两个属是很难明确区分的。Sinha (1940) 注意到 *Choanephora trispora* (= *Blakeslea trispora*) 可以有单孢子的孢子囊，因而将 *Blakeslea* 合并到 *Choanephora* 一起。我們也同意取消 *Blakeslea* 一属而合并到 *Choanephora* 属內。

笄霉科的另外一个属 *Gilbertella* 目前已知的种只有 *G. persicaria* 一种。它与 *Choanephora* 属的主要区别在于配囊柄不是鉗状而是平行对生的，接合孢子的表面不是光滑而是粗糙的，与 *Mucor* 属的接合孢子相似。如果根据有性阶段来分类，*Gilbertella* 就似乎可以归并到毛霉科 (Mucoraceae) 內；并且，*G. persicaria* 也是只有大型孢子囊而沒有小型孢子囊或"分生孢子"，与毛霉科各属相一致。但是，*Gilbertella* 的孢囊孢子与毛霉科的孢子显然不同，而与 *Choanephora* 的孢子一样地在两端有成束的細絲。*Gilbertella* 的孢子器官虽然只有大型孢子囊一种，但在形态上也是和毛霉科的孢子囊不同而与 *Choanephora* 的孢子囊一致：孢囊梗簡单不分枝，点头状，成熟时孢囊壁分裂为两半而不消解等等。毛霉目的其它科內各属的配囊柄形态不一定都是一致的，如大多数毛霉科的属的配囊柄均为平行对生，但仍然包括了配囊柄鉗状的 *Phycomyces* 一属。因此，*Gilbertella* 的配囊柄虽与 *Choanephora* 不同，把它归納在同一个科之內也是合理的。

在笄霉科內还有人 (Shanor, Poitras 和 Benjamin, 1950) 报导过 *Cokeromyces* 一属。Hesseltine (1955) 把它轉移到枝霉科 (Thamnidiaceae) 內，但是沒有申述理由。这个菌既不产生大型孢子囊，也不产生"分生孢子"，而只形成小型孢子囊。这些小型孢子囊长在孢囊梗頂端膨大的泡囊上的許多卷曲的小梗之上。孢囊孢子深色并无綫状条紋，两端也沒有成束的細絲，其孢壁一般是光滑的。但靠近孢子囊內壁的孢囊孢子往往附有孢囊壁的殘留物而呈网状。其它性状如配囊柄平行对生，接合孢子表面粗糙，同宗配合等也是这个属的特征。此属只有 1 个种 *Cokeromyces recurvatus*，是从兔子粪上分离的。上述性状中有一些的确与笄霉科相近，如許多小型孢子囊长在孢囊梗頂端膨大的泡囊上，深色孢子等等，但在孢子形态上則与笄霉科相差較远（无綫状条紋，两端无成束的細絲，有的还可以有网状的附属物）；此外，笄霉科目前已知的种沒有一个是从粪上分离出来的，也沒有一个是同宗配合的，因此，把这个属排除在笄霉科之外还是較为妥当的。至于 *Cokeromyces* 应否放到枝霉科內，我們暫时还沒有肯定的意見。这个属只有小型孢子囊而无大型孢子囊，孢囊梗頂端膨大成泡囊，孢囊孢子是深色的，而且部分孢囊孢子的表面带有网状的附属物，这些性状与枝霉科的一般特性也是不相符合的。

Poitras (1955) 強调笄霉科的所有孢子都具有綫状条紋并強調其接合孢子的配囊柄都是鉗状而下部互相扭結的。但 *C. infundibulifera* 的"分生孢子"和孢囊孢子、*C. conjuncta* 的"分生孢子"以及 *G. persicaria* 的孢囊孢子均无綫状条紋，而 *Gilbertella* 接合孢子的配囊柄也不是鉗状而下部互相扭結的。因此，不应把这两个性状強調为本科的主要性状。我們認为，笄霉科的特性应該是綜合性的：大、小型孢子囊和"分生孢子"分別长在不同的孢子枝上，各种孢子大多是深色而有綫状条紋，孢囊孢子大多在两端有成束的細絲，是一个弱寄生菌，可以寄生在高等植物之上。

Choanephoraceae 科分属检索表

1. 配囊柄平行对生；接合孢子表面粗糙…………………………………………………………………… **Gilbertella**
1. 配囊柄鉗状，其下部互相扭結；接合孢子表面光滑，但有綫状条紋……………………………………… **Choanephora**

Gilbertella Hesseltine, Bull. Torrey Bot. Club **87**: 24, 1960.

菌絲生长迅速，分枝繁茂，白色或稍带黄色，老后灰色；孢囊梗一般簡单、不分枝，直立、弯曲或点头状；大型孢子囊长在孢囊梗的末端，球形，孢囊壁一般在水中不消解而纵裂成两半或成块破裂；囊軸梨形至近球形；孢囊孢子在两端有成束而无色的細絲；无小型孢子囊或“分生孢子”；菌絲体及孢囊梗上常有厚垣孢子；配囊柄平行对生；接合孢子表面粗糙，在气生的接合孢子梗上形成；异宗配合。

Gilbertella 属与笄霉属的主要区别在于配囊柄是平行对生而不是鉗状的，接合孢子表面粗糙并且沒有綫状条紋。此外，*Gilbertella* 除大型孢子囊外沒有其它孢子器官，而 *Choanephora* 属內大多数的种有大、小型孢子囊和“分生孢子”等器官。

只有 1 个种：

Gilbertella persicaria (Eddy) Hesseltine, Bull. Torrey Bot. Club **87**: 24, 1960.

= *Choanephora persicaria* Eddy, Phytopath. **15**: 610, 1925.

菌丛高約 0.3—1.0 厘米，生长頗茂盛，起初白色，后稍带黄色，最后褐灰色，稀疏而不紧密；孢囊梗大多直接从基础菌絲上长出，簡单、不分枝，无分隔，下部透明无色且与菌絲体区别不明显，上部逐漸变粗并略带淡褐色，在弯曲部分最寬，到孢子囊底部又变狹窄，直径 12—37 微米，直立、弯曲或点头状；孢子囊起初黄色，后褐色，球形或略带扁形，直径 67—223 微米，在水中不消解而成块破裂，常纵裂成两半，孢囊壁的碎片淡褐色或淡紫褐色；囊軸大多梨形，較小的椭圓-卵圆形、卵圆形至扁球形，透明或具有黄色的油胞或顆粒状內含物，47—134×35—104 微米，壁光滑，无色、淡褐色或較少淡紅褐色，下部带有小块的孢囊壁的残留部分；孢囊孢子椭圓-卵圆形、卵圆形，中部稍大，两端常带尖形，有时一边較扁平，5—15×4—12 微米，較少球形而直径 5—12 微米，透明无色，无綫状条紋，常含有 1 至数个油点，两端各有 3—6 根成束而无色的細絲，其长度約为孢子的 1—1.5 倍；菌絲上和孢囊梗上常有間生、单个或成串的厚垣孢子；配囊柄平行对生，淡橙褐色，壁粗糙，与接合孢子梗連接部分直径仅 10 微米左右，逐漸膨大，最大部分直径約 43—52 微米，到与接合孢子接触处又略变狹窄；接合孢子表面粗糙，有鈍形或尖形的突起，起初褐色，后深褐色，直径 62—86 微米；异宗配合。

土壤分离：上海(*9182*)，广东海南(*11389*)；香蕉皮上分离：广东海南(*11516b*)；腐烂的野果上分离：广东海南(*11518*)；烂紙上分离：广东海南(*11517b*)。

国外分布：美国，巴拿馬，巴西。

早在 1918 年，Mix 就从腐烂的桃子上分离到此菌。1925 年，Eddy 把它叫作 *Choanephora persicaria*。后来 Zycha (1935) 把它合并到 *Blakeslea trispora* (= *Choanephora trispora*) 种內。尽管 Hesseltine (1953) 沒有看見过这个种的菌株，但是他不同意取消它。当 1960 年他重新获得此菌的材料并且和 Eddy 原来的菌株作了比較之后才証实它不但是一个独立的种，而且还是一个独立的新属，因为它的有性器官和 *Choanephora* 是不同的。Hesseltine (1960) 把这个新属定名为 *Gilbertella*，而种的名称就变为 *G. persicaria*。

在 Eddy (1925) 首次描述 *G. persicaria* 时，他报告說孢囊孢子上面有不明显的綫

状条紋，但在 Hesseltine（1960）的描述中却沒有提及。在我們的观察中，这个种的孢囊孢子也是沒有綫状条紋的。

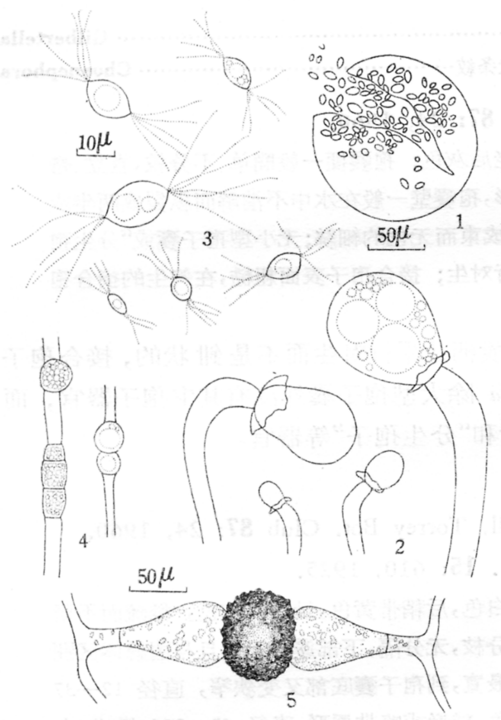


图 1 **Gilbertella persicaria.** 1.在水中不消解而纵裂成两半的孢子囊； 2.孢囊梗和囊軸； 3.孢囊孢子； 4.菌絲上的厚垣孢子； 5.接合孢子。

Hesseltine（1960）曾报告說，在他分离到的 17 号菌株中，根据培养物在 PDA、麦芽琼胶等几种培养基上的生长情况，*G. persicaria* 可以明显地分为 2 种类型。我們在工作中也注意到了这种情形。我們在国內分离到这个种 5 次，其基物分别为：土壤（2 次）、香蕉皮、腐烂的野果和烂紙。这 5 个菌株在 SMA 培养基上的生长情况是一致的，但在 PDA 培养基上的生长情况则明显地分为 2 种类型：自腐烂野果上分离的 *11518* 号菌丛較高，气生菌絲很多，与筓霉属的培养物相似；而其它 4 号菌株菌丛較矮，气生菌絲很少，与根霉属（*Rhizopus*）的生长情况更为接近。所有 5 号菌株在接种到桃子上时均可使桃子在 5—6 天左右的时間內整个地腐烂并在桃子的表面上长滿了孢子囊，其腐烂征状与 Eddy（1925）和 Hesseltine（1960）所报告的相同，卽較坚实而不軟化。在不用任何菌株接种和以 *Choanephora cucurbitarum* 接种的对照中則桃子不发生上述腐烂。

Choanephora Currey, J. Linn. Soc. Bot. **13**: 578, 1873.

= *Cunninghamia* Currey, J. Linn. Soc. Bot. **13**: 334, 1873.

= *Choanephorella* Vuillemin, Bull. Soc. Mycol. Fr. **20**: 28, 1904.

= *Blakeslea* Thaxter, Bot. Gaz. **58**: 353, 1914.

菌絲生长迅速，分枝繁茂，白色或稍带黃色；大型孢子囊、小型孢子囊及“分生孢子”长在不同的孢子枝上，一般有其中的两者，有时只有其中之一；产生大型孢子囊的孢囊梗一般簡单、不分枝，直立、弯曲或点头状，产生小型孢子囊的孢囊梗直立，頂端直接膨大成一泡囊或双叉状分枝数次，在分枝末端才形成泡囊；大型孢子囊长在孢囊梗的末端，球形，小型孢子囊长在孢囊梗末端的泡囊上的小梗上面，卵圓形至近球形；囊軸在大型孢子囊內，梨形至近球形，小型孢子囊內无囊軸；大、小型孢子囊內的孢囊孢子大致相等，孢囊孢子大多有綫状条紋，褐色，两端大多有成束而无色的細絲；“分生孢子”梗直立，一般簡单、不分枝，末端膨大成一个泡囊，在泡囊上生次生分枝，次生分枝頂端又膨大成泡囊，但主枝有时也可以不膨大成泡囊而直接分枝一至数次，在分枝末端才膨大成泡囊；“分生孢子”长在泡囊上面的小梗上，大多有綫状条紋，褐色，一端常有一透明无色的小突起；菌絲上有或沒有厚垣孢子；配囊柄鉗状，下部互相扭結；接合孢子表面近乎光滑，一般均有綫状条紋；目前所知道的种均为异宗配合。

如上所述，*Choanephora* 一属是 Currey（1873）根据 *Choanephora cunninghamiana*（= *C. infundibulifera*）成立的。起初他把这个菌叫 *Cunninghamia infundibulifera*，随卽

发現它和針叶类植物的杉属（*Cunninghamia*）的属名相同，所以更正属名为 *Choanephora*。

Vuillemin（1904）建議为 *Rhopalomyces cucurbitarum* Berkeley et Ravenel 成立 *Choanephorella* 一属，但 *Rhopalomyces* 为半知菌的一个属，*R. cucurbitarum* 又是 *Choanephora cucurbitarum* 的异名，而且 Vuillemin 在提出 *Choanephorella* 时也沒有描述或繪图，因此这个属名是不合法的。

至于 *Blakeslea* 一属被取消的根据，上面已有討論，这里就不贅述了。

Choanephora 的主要性状除科的特性外最重要的一点是接合孢子表面近乎光滑，但有綫状条紋，配囊柄鉗状，其下部互相扭結。

Choanephora 目前已知的种有 6 个，除 *C. heterospora* Mehrotra et Mehrotra 外，其它 5 种在国内均有分布。这 5 个种的检索表如下：

Choanephora 屬分种检索表

1. 只有大型孢子囊而无小型孢子囊和"分生孢子"；孢囊孢子长度一般在 13 微米以下……………… **C. circinans**
1. 除大型孢子囊外还有小型孢子囊或"分生孢子"；孢囊孢子长度一般在 13 微米以上……………… 2
2. 除大型孢子囊外还有小型孢子囊而无"分生孢子"……………… **C. trispora**
2. 除大型孢子囊外还有"分生孢子"而无小型孢子囊……………… 3
3. "分生孢子"有綫状条紋，两端尖圓；次生孢囊老后脫落而不皺縮成漏斗状……………… **C. cucurbitarum**
3. "分生孢子"无綫状条紋，两端鈍圓；次生孢囊老后不脫落而皺縮成漏斗状……………… 4
4. 孢囊孢子有綫状条紋，两端有成束的細絲……………… **C. conjuncta**
4. 孢囊孢子无綫状条紋，两端无成束的細絲……………… **C. infundibulifera**

Choanephora circinans (Naganishi et Kawakami) Hesseltine et Benjamin, Mycologia **49**: 724, 1957.

= *Blakeslea circinans* Naganishi et Kawakami, Bull. Fac. Eng. Hiroshima Univ. **4**: 183, 1955.

菌丛高約 0.5 厘米，生长不茂盛，起初白色，后稍带黃色，稀疏而不紧密；无"分生孢子"梗或产生小型孢子囊的孢囊梗；产生大型孢子囊的孢囊梗直接从气生菌絲上长出，簡单、不分枝，无分隔，下部透明无色且与菌絲体区别不明显，上部逐漸变粗并带有淺紫褐色，直径 12—24 微米，直立、弯曲或点头状；孢子囊起初黃色，后褐色，球形，直径 47—136 微米，表面光滑或呈顆粒状，在水中不消解而成块破裂，孢囊壁的碎片紅棕色；囊軸大多梨形，較小的卵圓形至扁球形，47—100×29—63 微米，壁光滑，淺紫褐色，下部带有大块的孢囊壁的残留部分；孢囊孢子卵圓-椭圓形，有时一边較扁平，7—14×5—7 微米，单个时亚透明，成堆时淺褐灰色，有綫状条紋，但不明显，两端各有 6—8 根成束而无色的細絲，长度約与孢子长度相等；菌絲上常有間生、单个或較少成串的厚垣孢子；配囊柄鉗状，下部互相扭結，两个配囊柄大小相等，上部靠近接合孢子的地方常有黃色的油胞；接合孢子在菌丛的底部形成，暗紅棕色至褐黑色，中間有一个大油点，亚球形至球形，直径 36—98 微米，接合孢子壁光滑，上面有清楚的綫状条紋，极易破碎；异宗配合。

土壤分离：北京(*9373*)，四川成都(*8129*)、新都(*8138*)、涪陵(*9410a*)，福建福州(*9798c*, *9801*)，广东鼎湖山(*9271b*, *9272b*)，广西南宁(*11194*)；榕树落果上分离：福建福州(*9644a*)；烂香蕉上分离：广东海南(*11515a*)；豇豆蔫叶上分离：广东海南(*11509a*)；烂玉米軸上分离：广东海南(*11513*)；烂紙上分离：广东海南(*11507*, *11522b*)。

国外分布：日本，美国，巴拿馬。

Naganishi 和 Kawakami（1955）首次从日本的土壤中找到了这个菌，当时定名为

Blakeslea circinans。不久 Hesseltine 和 Benjamin (1957) 从日本获得了該菌种，又在美国分离到了另外一些菌株，經过观察后把它轉到 *Choanephora* 属内，幷且第一次报导了它的接合孢子。

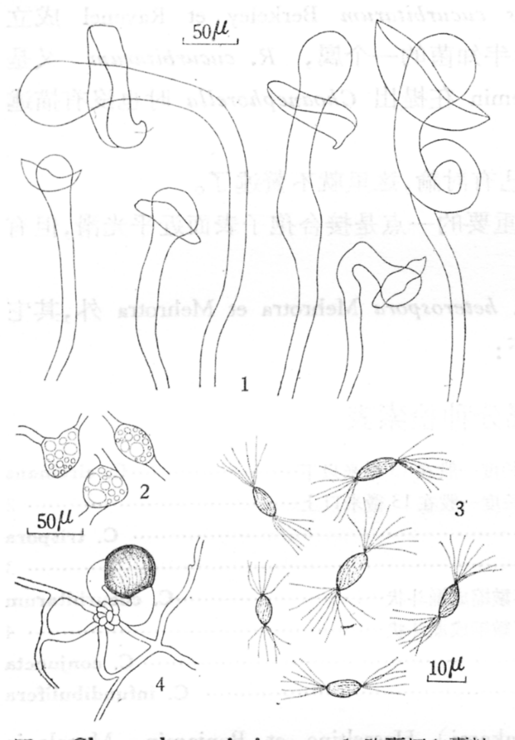


图 2 **Choanephora circinans.** 1. 孢囊梗和囊軸；2. 菌絲上的厚垣孢子；3. 孢囊孢子；4. 接合孢子。

C. circinans 与 *Choanephora* 其它各种的主要区别有三点：(1) 孢子器官只有大型孢子囊，(2)孢囊孢子颜色較浅，(3) 孢囊孢子显著地小于其它的种。

C. circinans 目前已知的菌株几乎全部是从土壤中分离到的，只有 Hesseltine 和 Benjamin (1957) 报告說从紡織物上找到过一次，在植物花部上尙未見有任何报导，这一点也是和这个属內其它各种不同的。我們在国內共找到 15 次，其中 8 次是从南方的土样中分离到的，1 次是在北方的土样中找到的，另外 6 次則是从烂果、烂叶等腐烂物质上分离到的。我們也获得了它的接合孢子的材料，其形态和形成过程与 Hesseltine 和 Benjamin (1957) 描述的完全一致。

Choanephora trispora (Thaxter) Sinha, Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B, **11:** 169, 1940.

= *Blakeslea trispora* Thaxter, Bot. Gaz. **58:** 353, 1914.

= *Choanephora dichotoma* Gandrup, Besoek. Proefstat Medel. **3:** 5, 1923.

菌丛高約 0.2—0.5 厘米，起初白色，后稍带黃色，密度中等；孢囊梗从气生菌絲上长出，起初直立，很快下塌，寬約 15—26 微米，透明无色，产生大型孢子囊的孢囊梗簡单不分枝，直立、弯曲或点头状，产生小型孢子囊的孢囊梗在上部拟双叉状或双叉状分枝数次，分枝长約 24—37 微米，寬約 15—18 微米，成泡囊状鼓起，每一个分枝頂端膨大成一个泡囊，泡囊直径 32—47 微米，上面有許多球形的小梗；大型孢子囊球形，直径 31—147 微米，起初黃色，上面有小突起状物，成熟后黑褐色，表面近乎光滑，孢囊壁在水中不消解，常破裂成两半；小型孢子囊卵圆形至近球形，大小 12—19×11—17 微米，亚透明至淡褐色，內有 2—6 个孢子，大多 3 个孢子；囊軸在大型孢子囊內，梨形、长圆形或半球形，18—98×14—74 微米，浅褐色，下部带有小块的孢囊壁的残留部分，小型孢子囊內无囊軸；大、小型孢子囊內的孢囊孢子大致相同，椭圆形，两端鈍圆或稍带尖形，8—16×5—9 微米，褐色，有清楚的綫状条紋，两端各有十数根至数十根的成束而无色的細絲，长度約为孢子的 1—1.5 倍；菌絲上有厚垣孢子；接合孢子未見，根据 Weber 和 Wolf (1927) 的描述，配囊柄鉗状，下部互相扭結，接合孢子球形或略带扁形，直径 38—63 微米，中間有一个大油点，黑褐色，有綫状条紋；异宗配合。

土壤分离：江苏吳县(*6608*)，上海(*9798*)，浙江宁海(*9667*)，福建福州(*9717a*)；香蕉皮上分离：广东海南(*11516a*)；豇豆蔫叶上分离：广东海南(*11509b*)；烂紙上分离：广东海南(*11522a*)。

国外分布：印庋,印度尼西亚,美国,巴拿馬。

C. trispora 是 Thaxter (1914) 在培养 *Botrytis* 时发現的一个污染菌,当时他把它叫 *Blakeslea trispora*, 幷在这个基础上成立 *Blakeslea* 一属。以后在植物的蔫花、落叶上被多次报导，尤其是在烟草的落叶上被报导过的次数最多。Weber 和 Wolf (1927) 描述了它的接合孢子,幷且指出它是异宗配合的。

Weber 和 Wolf (1927) 認为, *Choanephora dichotoma* 是 *C. trispora* 的异名,他們説 Gandrup (1923) 在报导該新种时沒有作出描述,因此 *C. dichotoma* 是不能成立的。

Sinha (1940) 报告說看到了 *B. trispora* 的小型孢子囊中有时只有单个的孢子,因此把它轉移到 *Choanephora* 属內。我們同意这一合幷,理由已如上述。

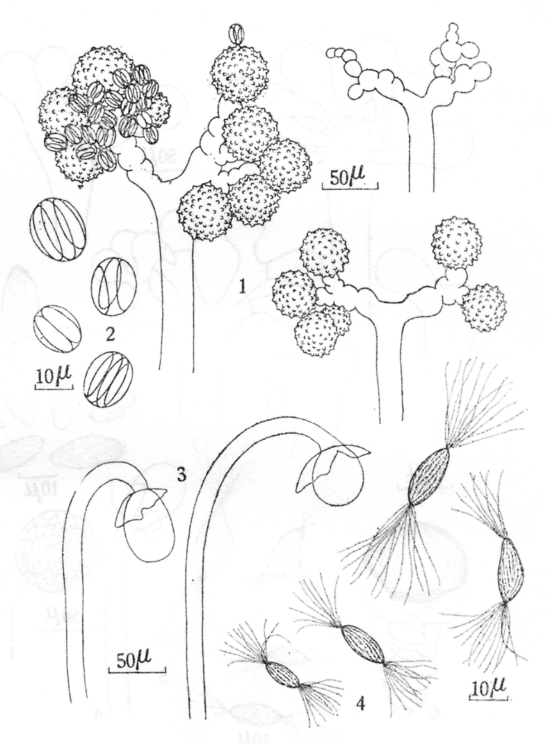


图 3 **Choanephora trispora.** 1.小型孢子囊、泡囊和孢囊梗； 2.小型孢子囊； 3.产生大型孢子囊的孢囊梗和囊軸； 4.孢囊孢子。

Choanephora cucurbitarum (Berkeley et Ravenel) Thaxter, Rhodora **5**: 102, 1903.

= *Rhopalomyces cucurbitarum* Berkeley et Ravenel, Grevillea **3**: 109, 1875.

= *Rhopalomyces elegans* Corda var. *cucurbitarum* Marchal, Rev. Mycol. **15**: 11, 1893.

= *Choanephora americana* Moeller, Phycomyceten und Ascomyceten 393, 1901.

= *Cunninghamella manshurica* Saito et Naganishi, Bot. Mag. Tokyo **29**: 285, 1915.

= *Choanephora manshurica* (Saito et Naganishi) Tai, Sinensia **4**: 219, 1934.

菌丛高約 0.5—1 厘米,起初白色,后稍帶黃色,老后又变灰白色,棉絮状;孢囊梗簡单不分枝,直立、弯曲或点头状,无色,寬約 15—31 微米；孢子囊球形,褐色,直径 39—158 微米,孢囊壁在水中不消解而常常纵裂成两半；囊軸梨形至卵圆形,淡褐色至无色, 45—126×32—84 微米;孢囊孢子拟卵圆形至拟椭圆形,有时甚至三角形, 10—29×7—13 微米,褐色,一般有綫状条紋,有时綫状条紋不甚明显或甚至完全看不見,每端各有 8—18 根成束而无色的細絲,长度約为孢子的 0.5—1.5 倍;"分生孢子"梗直立,无分隔,透明无色,寬約 17—30 微米,上部稍粗,有时頂端只有一个泡囊,通常在泡囊上还长許多分枝,分枝末端再膨大成泡囊,分枝一般簡单而不分枝,但偶然也有个别分枝可以再分枝的,还有一些"分生孢子"梗頂端不膨大成泡囊而直接双叉状或拟双叉状分枝 1—3 次,在分枝末端才形成泡囊；泡囊直径約为25—54 微米,透明无色,上面有許多小突起,老后脫落;"分生孢子"长在泡囊上面的小突起上,椭圆-拟卵圆形,两端尖形,有时一边較平直, 10—26×7—13 微米,較少可长达 41 微米,褐色,有綫状条紋,一端常有一透明无色的小突起;菌絲上有或无厚垣孢子;配囊柄鉗状,下部互相扭結;接合孢子球

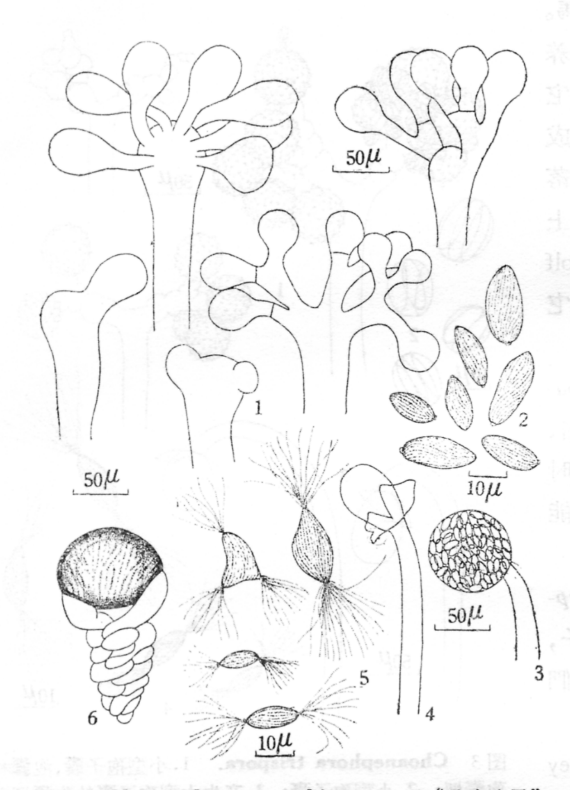


图 4 **Choanephora cucurbitarum.** 1."分生孢子"梗和孢囊； 2."分生孢子"； 3.孢子囊和孢囊梗； 4.囊軸和孢囊梗； 5.孢囊孢子； 6.接合孢子。

形或略带扁形，直径 42—74 微米，成熟后黑褐色，中間有一个大油点，有綫状条紋；异宗配合。

菜园土壤分离：四川南塔(*9393,9394*)、涪陵(*9458*)、成都(*9547*)，广西南宁(*11176*)；荒地土壤分离：广州(*1440*)；土壤分离：北京(*9944a*)，貴州貴阳(*9335d*)，安徽瑯玡山(*9149*)，福建泉州(*9576*)、漳湖板(*9587,5748*)；南瓜蔫花上分离：北京(*9101*)；北京怀柔(*5812*)，广西南宁(*11204*)，广东海南(*11511*)；絲瓜蔫花上分离：北京(*5781b, 9364*)，广西南宁(*11183*)；葫芦瓜蔫花上分离：北京怀柔(*5810*)；冬瓜蔫花上分离：广东海南(*11514*)；商麻蔫花上分离：北京(*5641,9366*)，北京怀柔(*5806*)；茄子蔫花上分离：北京(*5770b,9358*)，北京怀柔(*5814*)；錦葵蔫花上分离：北京(*5778b*)；蜀葵蔫花上分离：北京(*5886a*)；木槿蔫花上分离：北京(*9368*)，福建福州(*9629*)；牵牛花蔫花上分离：北京(*5774b, 5847b, 9367*)；扶桑蔫花上分离：北京(*5859b, 5861b, 9105a*)；茉莉蔫花上分离：北京(*5878*)；天人菊蔫花上分离：北京(*5870b*)；凤眼蓮蔫花上分离：北京(*5877b*)；八仙花蔫花上分离：北京(*5557*)；曇花蔫花上分离：北京(*11567*)，广州(*6257b*)；月見草蔫花上分离：北京(*5846*)；风鈴草蔫花上分离：北京(*5872a*)；蔓陀蘿蔫花上分离：北京(*9359*)；蔫花上分离：北京(*5907*)；烂瓜上分离：北京怀柔(*5739*)，广东海南(*11417*)；烂香蕉上分离：广东海南(*11515b*)；烂茄子叶上分离：山西大同(*11613a*)；树皮上分离：广东海南(*11422*)；烂紙上分离：广东海南(*11429, 11517a*)；烂布上分离：广东海南(*11521b*)；饅头上分离：广西南宁(*11226*)。

国外分布：日本，緬甸，印度，印度尼西亚，馬來亚，加納，美国，巴西，墨西哥，法国。

C. cucurbitarum 是南瓜花和南瓜上著名的寄生菌，在适宜条件下可以引致瓜类的腐烂或花腐病害并造成损失，这个菌最初也就是在南瓜上分离到的。Berkeley 和 Ravenel (1875)在第一次描述时把它放到 *Rhopalomyces* 属内(*R. cucurbitarum*)。Marchal (1893) 根据 Thaxter 的意見認为 *C. cucurbitarum* 可能是 *Rhopalomyces elegans* 的一个变种故錯称为 *R. elegans* var. *cucurbitarum*。后 Moeller (1901) 又从巴西的洋麻上分离到这个菌成立 *C. americana*，但不久他把这个菌与 Thaxter 的 *C. cucurbitarum* 核对后就認識到两者实际上为同一的菌。Thaxter (1903) 第一次正确地提出了 *C. cucurbitarum* 的組合。Wolf (1917) 也找到了它的接合孢子。

Saito 和 Naganishi (1915) 从空气中分离到一个"分生孢子"梗頂端双叉状分枝的 *Cunninghamella* (*C. manshurica*)，但"分生孢子"具有綫状条紋且为深色孢子，Fitzpatrick (1930) 早就指出了此种与 *Choanephora* 的关系較与 *Cunninghamella* 的关系密切；戴芳瀾 (1934) 找到了它的孢囊孢子和接合孢子，完全証实了轉移到 *Choanephora* 属內的正确性。由于該菌的"分生孢子"梗頂端是双叉状分枝的，这一性状在 *Choanephora* 属內其它的种均未見报导，而且它的"分生孢子"似較 *C. cucurbitarum* 为大，因此戴芳瀾認为系一

个独立的种而将 Saito 和 Naganishi 的 *Cunninghamella manshurica* 組成 *Choanephora manshurica*。我們在 *Choanephora cucurbitarum* 的材料中有五分之一左右（*5577, 5774b, 5781b, 5810, 5812, 5861b, 5870b, 5877b, 5878, 5907, 11613a*）在第一次分离时也看到了"分生孢子"梗頂端双叉状分枝的情况，因此起初也把这些菌株定名为 *C. manshurica*，但随即发現这一性状是不稳定的，在經过数次移植后可以逐漸消失，而另外一些在第一次分离时"分生孢子"梗頂端不分枝的菌株在重复培养时也可以出現分枝的情况，因此我們同意 Zycha (1935), Hesseltine (1953), Boedijn (1958) 等人的意見把它合并到 *C. cucurbitarum* 一起。

在过去許多报导中（例如 Saccardo, 1886, 1902, 1905; Thaxter, 1903; 戴芳瀾，1934; Zycha, 1935; Naumov, 1939; Christenberry, 1940; Sinha, 1940; Hesseltine, 1953），*C. cucurbitarum* 的孢囊孢子都被描述为光滑而无綫状条紋，伊藤誠哉(1936)描述为有不清楚的綫状条紋，Boedijn (1958) 描述为有不清楚的綫状条紋或完全光滑无綫状条紋，只有 Poitras (1955) 报导說他看过的 20 个菌株中全部有清楚的綫状条紋。在我們的观察中，孢囊孢子上的綫状条紋可因菌株的不同而明显程度也不同，如 *5748* 号就很清楚，其它大多数有不明显的綫状条紋，少数完全看不見綫状条紋。

C. cucurbitarum 各种孢子的形成对环境因子是很敏感的，Barnett 和 Lilly (1950, 1955, 1956) 在这方面已有很多工作。我們粗放地进行了一些試驗，其結果与他們的报导大致相符合。

Choanephora conjuncta Couch, J. Elisha Mitchell Sci. Soc. **41**: 143, 1925.

菌丛高約 0.5—0.8 厘米，起初白色，后带黃色，菌絲茂盛，稠密；孢囊梗簡单，較少直立，一般弯曲或点头状，透明无色，寬約 7—14 微米；孢子囊球形，直径 30—74 微米，上面有小瘤状突起，起初无色透明，后带褐色，在水中孢囊壁不消解而成块破裂；囊軸圓錐形至球形，直径 15—40 微米，透明无色；孢囊孢子在每一个孢子囊内数个至 40 个，褐色带紫色，椭圓形至亚椭圓形，大多平直，較少弯曲，两端或多或少地尖形，12—25×7—10 微米，有綫状条紋，每端各有 10—20 根无色的細絲，其长度約为孢子长度的 1—1.5 倍；"分生孢子"梗簡单，寬約 25—30 微米，透明无色，頂端稍膨大，直径 40—52 微米，其上产生許多分枝，分枝的頂端又膨大成短棍棒状的泡囊，泡囊直径 27—40 微米，上面有許多小梗，孢子成熟脫落后泡囊仍保留不脫落而皺縮成漏斗状；"分生孢子"起初黃色，成熟后紫褐色，未成熟时顆粒状，成熟后光滑，无綫状条紋，拟椭圓形、拟卵圓形至近球形，两端鈍圓，

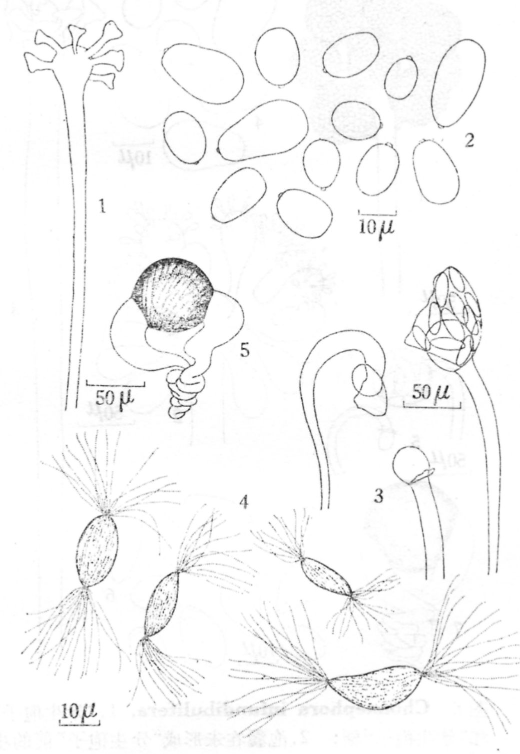


图 5　**Choanephora conjuncta.**　1."分生孢子"梗和泡囊；2."分生孢子"；3.孢囊梗和囊軸；4.孢囊孢子；5.接合孢子。

一端常較另一端为大，在較小的一端上常有一透明无色的小突起，11—27×10—13 微米；菌絲上有厚垣孢子；配囊柄鉗状，下部互相扭結；接合孢子球形、近球形或扁球形，直径 28—76 微米，中間有一个大油点，起初无色至淡褐色，成熟后暗黑色，有綫状条紋；异宗配合。

棉花地土壤分离：北京(*9361*)；扶桑蔫花上分离：北京(*11569b*)；蔫花上分离：广东海南(*11520*)；烂布上分离：广东海南(*11521a*)。

国外分布：日本，印度尼西亚，美国。

Couch (1925) 在成立 *C. conjuncta* 时卽把“分生孢子”描述为光滑而无綫状条紋，但 Poitras (1955) 报告說 *C. conjuncta* 的“分生孢子”也有綫状条紋，建議合并到 *C. cucurbitarum* 內。Hesseltine 和 Benjamin (1957) 証实 *C. conjuncta* 的“分生孢子”确无綫状条紋，而且其它形态与 *C. cucurbitarum* 相差甚远而反对这一合并。

C. conjuncta 在形态上和 *C. infundibulifera* 非常接近，主要区别在于前者的孢囊孢子有綫状条紋，而且两端有成束的細絲，而后者的孢囊孢子旣无綫状条紋，两端亦无成束的細絲。Boedijn (1958) 把 *C. conjuncta* 合并到 *C. infundibulifera* 显然是不对的，两者应系两个各自独立的种。

Choanephora infundibulifera (Currey) Saccardo, Syll. Fung. **9**: 339, 1891.

= *Cunninghamia infundibulifera* Currey, J. Linn. Soc. Bot. **13**: 334. 1873.

= *Choanephora cunninghamiana* Currey, J. Linn. Soc. Bot. **13**: 578, 1873.

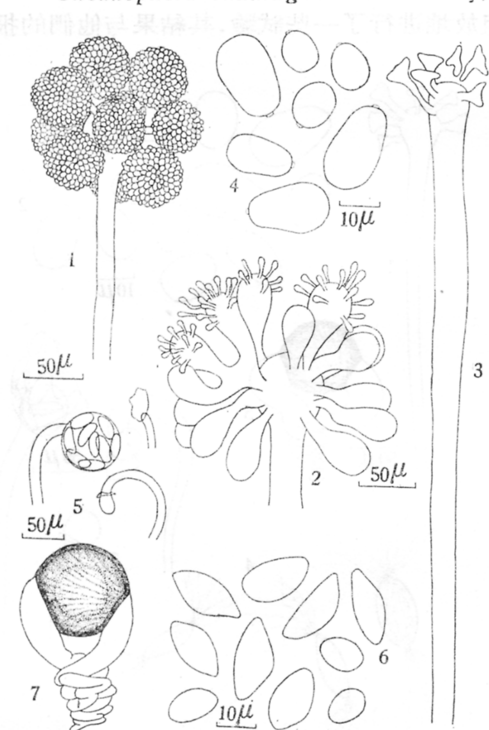


图 6 **Choanephora infundibulifera.** 1.“分生孢子”和“分生孢子”梗； 2.泡囊在未形成“分生孢子”前的生长情况； 3.泡囊在“分生孢子”成熟脱落后的生长情况； 4.“分生孢子”； 5.孢子囊、孢囊梗和囊軸； 6.孢囊孢子； 7.接合孢子。

菌丛高約 0.5—0.8 厘米，起初白色，后带黃色，菌絲茂盛，稠密；孢囊梗簡单，較少直立，一般弯曲或点头状，透明无色，寬約 5—10微米；孢子囊球形，直径 27—54 微米，上面有小瘤状突起，起初透明无色，后带褐色，孢囊壁在水中不消解而成块破裂；囊軸半球形，8—18×12—23 微米，透明无色；孢囊孢子在每一个孢子囊內一般只有5—9个，很少超过 10 个，也有达 20 个左右的，褐色带紫色，形状不規則，大多椭圓形而中部稍大，或卵圓形至拟椭圓形，两边常不对称，平直或稍弯曲，12—25×7—15 微米，大多 14—20×9—10 微米，光滑，无綫状条紋，两端亦沒有成束而无色的細絲；“分生孢子”梗簡单，寬約 15—44 微米，透明无色，頂端稍膨大，直径 37—61 微米，上面产生許多分枝，长約 12—29 微米，寬約 5—10 微米，分枝簡单或再分枝 1 次，頂端又膨大成短棍棒状的泡囊，泡囊 36—56×31—36 微米，透明无色，上面有許多小梗，孢子成熟脫落后泡囊仍保留不脫落，但皺縮成漏斗状，此时之大小为 29—44×17—29 微米；“分生孢子”黃色，成熟后紫褐色，未成熟时顆粒状，成熟后光滑，无綫状条

紋，拟橢圓形、拟卵圓形至近球形，两端鈍圓，一端常較另一端为大，在較小的一端上常有一透明无色的小突起，10—35×9—20 微米，萌发时产生 1—3 个芽管；菌絲上有或无厚垣孢子；配囊柄鉗状，其下部互相扭結；接合孢子球形或略带扁形，直径 40—74 微米，成熟时黑褐色，中間有一个大油点，有綫状条紋；异宗配合。

土壤分离：广州(*1580*)；棉花蔫花上分离：北京(*4165*,*5590*)，北京怀柔(*5807*)；洋麻蔫花上分离：北京(*5643*)；茄子蔫花上分离：北京(*5664*,*5770a*)；馬鈴薯蔫花上分离：北京(*5666*,*5775*)；甘薯蔫花上分离：广州(*6277*)；豇豆蔫花上分离：北京(*5662*,*5779*)，广州(*6255*)；扁豆蔫花上分离：北京(*5769*)；花生蔫花上分离：北京(*5670*)；絲瓜蔫花上分离：北京(*5781a*)，北京怀柔(*5811*)，广州(*6244*)；錦葵蔫花上分离：北京(*5778c*)；蜀葵蔫花上分离：北京(*5886b*)；秋葵蔫花上分离：北京(*5874*)；大丽菊蔫花上分离：北京(*4164*，*4174*，*5883*，*5884*)，广州(*6264*)；万寿菊蔫花上分离：北京(*5887*)；木槿蔫花上分离：北京(*5646a*,*5663*，*5772*，*5851*)；啄木花蔫花上分离：北京(*5933*)；扶桑蔫花上分离：北京(*5859a*，*5860*，*5861a*，*5862*，*5863b*，*9105b*)，广西南宁(*11151*，*11186*)；牵牛花蔫花上分离：北京(*5774a*，*5847a*)；风鈴草蔫花上分离：北京(*5872b*)；鏝花蔫花上分离：广州(*6257a*)；軟枝黄蟾花蔫花上分离：广州(*6256*)；紅杏蔫花上分离：广州(*6253*)；水浮蓮蔫花上分离：广州(*6262*)；宝根花蔫花上分离：广州(*6260*)；吊鐘芙蓉蔫花上分离：广州(*6259*)；茉莉蔫花上分离：广州(*6248*)；大紅吊鐘蔫花上分离：广州(*6263*)；蔫花上分离：广州(*6245*)，广东海南(*11519*)。

国外分布：印度。

前面在叙述笄霉科和笄霉属的历史时已一再述及这个种的成立經过。Currey (1873) 根据 Cunningham 在 *Hibiscus* 和 *Zinnia* 等植物的花部上找到的材料描述了 *Choanephora infundibulifera* 并成立了 *Choanephora* 一属。起初他把这个菌叫 *Cunninghamia infundibulifera*，后因属名不合法而改为 *Choanephora cunninghamiana*；由于他沒有保留 *infundibulifera* 的种名，所以这个学名仍然是不能成立的。以后 Saccardo (1891) 才采用了 *Choanephora infundibulifera* 这一正确的組合，但他却把定名人归諸 Cunningham，实际上 Cunningham (1879, 1895) 从来沒有采用过这一組合，正如 Hesseltine (1953) 所指出的，Saccardo 本人才是眞正的定名人。

Zycha (1935) 把 Cunningham (1895) 的 *C. simsoni* 当作 *C. infundibulifera* 的异名，但根据原始的描述，*C. simsoni* 的"分生孢子"和孢囊孢子都有綫状条紋，孢囊孢子两端有成束的細絲，而 *C. infundibulifera* 的"分生孢子"和孢囊孢子均无綫状条紋，孢囊孢子两端亦无成束的細絲，两者显然是不同的。此外，*C. simsoni* 的"分生孢子"梗上的泡囊頂部是平截的，在进行人工培养时可以完全不形成初生及次生的泡囊而在"分生孢子"梗的两側直接生出小梗，这些性状与 *Choanephora* 属內其它的种也有一定的区别。Hesseltine (1953) 把 *C. simsoni* 作为可疑种，我們認为这样处理似較妥当。

自 1873 年在印度第一次发表后，*C. infundibulifera* 在我国的发現是該种在世界上其它地区的首次报导。Boedijn (1958) 虽曾在印度尼西亚报导过此种，但根据他的描述——孢囊孢子两端有成束的細絲且有綫状条紋，显然系 *C. conjuncta* 而非 *C. infundibulifera*。

过去認为 *C. infundibulifera* 的各种孢子都沒有綫状条紋，根据我們对 *C. infundibulifera* 53 个菌株的观察，孢囊孢子和"分生孢子"的确是光滑的，沒有綫状条紋，但接合孢子則有很清楚的綫状条紋。因此，可以說，*Choanephora* 属內目前已知的所有种的接合孢子都有綫状条紋。

C. infundibulifera "分生孢子"和孢囊孢子形成的条件大致与 *C. cucurbitarum* 一样，即"分生孢子"在温度 24—26℃，相对湿度 50% 以下，經过 2 天光照后放在黑暗中培养时

发育良好；孢囊孢子在温度 30—32℃，相对湿度 50—100%，在黑暗中培养时也可以形成多量的孢囊孢子。

討　論

笄霉科內的某些性状似乎可以用来說明各个种間的亲緣关系和系統地位。这个科的进化趋向似乎是：在有性阶段方面，配囊柄从平行对生到鉗状，接合孢子从粗糙到光滑；无性阶段方面，孢子器官从大型孢子囊到小型孢子囊、到"分生孢子"，大型孢子囊逐渐变小，孢子囊內的孢囊孢子数目逐渐減少，囊軸逐渐退化，孢囊孢子逐渐变大、綫状条紋逐渐明显以后又逐渐消失、两端成束的細絲逐渐消失，以及"分生孢子"逐渐变大、綫状条紋逐渐消失。

在 *Choanephora* 属內，所有的种的配囊柄都是鉗状、下部互相扭結的，接合孢子表面都是光滑但带有綫状条紋。*C. circinans* 只有大型孢子囊而沒有小型孢子囊或"分生孢子"，孢子囊很大，囊軸发达，孢囊孢子有綫状条紋、两端有成束的細絲，因此它可以被認为是 *Choanephora* 属內位置最低的一个种。部分的大型孢子囊变为小型孢子囊的为 *C. trispora*。*C. trispora* 除大型孢子囊外还有小型孢子囊，大型孢子囊很大，囊軸亦很发达，大、小型孢子囊內的孢囊孢子都有綫状条紋、两端有成束的細絲。小型孢子囊进一步变为"分生孢子"則为 *C. cucurbitarum*。这个种有大型孢子囊和"分生孢子"而沒有小型孢子囊，大型孢子囊仍然很大，囊軸仍然很发达，孢囊孢子有綫状条紋、两端有成束的細絲，"分生孢子"有綫状条紋。到了 *C. conjuncta*，大型孢子囊开始变小，里面的孢囊孢子数目开始減少，囊軸开始退化，"分生孢子"的綫状条紋消失。它和 *C. cucurbitarum* 很接近，也是有大型孢子囊和"分生孢子"而沒有小型孢子囊，大型孢子囊較上述三种显著的小，里面的孢囊孢子数目也要少得多，囊軸不及上述三种的发达，孢囊孢子有綫状条紋、两端有成束的細絲，"分生孢子"則沒有綫状条紋。最后，*C. infundibulifera* 的大型孢子囊更小，里面的孢囊孢子数目再进一步減少，囊軸更为退化，孢囊孢子的綫状条紋及两端成束的細絲消失。这个种与 *C. conjuncta* 更为接近，它同样是有大型孢子囊和"分生孢子"而沒有小型孢子囊，大型孢子囊比 *C. conjuncta* 的还要小，里面的孢囊孢子数目更少，囊軸退化到有时难以找到的程度，孢囊孢子旣沒有綫状条紋、两端也沒有成束的細絲，"分生孢子"也沒有綫状条紋。在笄霉属內还有另外一个种，*C. heterospora*（Mehrotra 和 Mehrotra, 1961），由于我們沒有看到这个菌种，关于它的系統地位暫时不拟加以討論，但是根据它的描述来看，这个种与 *C. cucurbitarum* 最为接近，而且很可能就是同一个种。

笄霉科的另外一个属 *Gilbertella*（只有 *G. persicaria* 一种）和 *C. circinans* 的关系最密切。它和 *C. circinans* 一样，孢子器官只有大型孢子囊一种，*C. circinans* 很可能就是从它进化来的。

此外，*Gilbertella* 属的配囊柄是平行对生的，接合孢子表面粗糙，只有大型孢子囊而沒有小型孢子囊和"分生孢子"，与毛霉科（Mucoraceae）非常接近。因此，我們同意一般認为笄霉科是从毛霉科进化而来的意見（Hesseltine, 1952）。我們更进一步的臆測，笄霉科是通过毛霉科中的根霉属（*Rhizopus*）来的。因为在整个毛霉科中，甚至在整个毛霉目中，只有根霉属一属象笄霉科那样在适宜条件下可以引致高等植物的花、果的腐烂，并且也只

	Rhizopus	*Gilbertella persicaria*	*Choanephora circinans*	*Choanephora trispora*	*Choanephora cucurbitarum*	*Choanephora conjuncta*	*Choanephora infundibulifera*
接合孢子							
大型孢子囊和孢囊梗							
囊轴							
孢囊孢子							
小型孢子囊和孢囊梗	——	——	——		——	——	——
"分生孢子"梗	——	——	——	——			
"分生孢子"	——	——	——	——			

图 7　笄霉科的进化示意图
(—— 表示没有该种器官)

有根霉属一属的孢囊孢子才象笄霉科一样地具有綫状条紋。*Gilbertella* 属可以視为根霉属与笄霉属中間的一个属。

摘 要

我們从全国 25 个省(区)搜集到 8000 余号材料中共分离到笄霉科(Choanephoraceae)的菌株 138 号,鉴定出 *Gilbertella* 属的 1 个种, *G. persicaria*, 笄霉属 (*Choanephora*) 的 5 个种: *C. circinans, C. trispora, C. cucurbitarum, C. conjuncta* 和 *C. infundibulifera*。笄霉属最近报导的新种 *C. heterospora* 在国内尚未发现。本文对上述 2 个属、6 个种作了詳細描述,同时列出了每个种的异名和分布,并有分属、分种检索表。科、属、种的范围和特性,以及系統进化方面均有討論。

参 考 文 献

[1] Ainsworth, G. C., 1961. A Dictionary of the Fungi. 1—519. Kew, Surrey. Commonwealth Mycological Institute.

[2] Bainier, G., & Sartory, A., 1913. Etudes morphologique et biologique du *Muratella elegans* n. sp. Bull. Soc. Mycol. France **29**:129—136.

[3] Barnett, H. L., & Lilly, V. G., 1950. Nutritional and environmental factors influencing asexual sporulation of *Choanephora cucurbitarum* in culture. Phytopathology **40**:80—89.

[4] ————, ————, 1955. The effects of humidity, temperature and carbon dioxide on sporulation of *Choanephora cucurbitarum*. Mycologia **47**:26—29.

[5] ————, ————, 1956. Factors affecting the production of zygospores by *Choanephora cucurbitarum*. Mycologia **48**:617—627.

[6] Berkeley, M. J., 1875. Notices of North American Fungi. Grevillea **3**:109.

[7] Boedijn, K. B., 1958. Notes on the Mucorales of Indonesia. Sydowia Ann. Mycol. **12**:321—362.

[8] Brefeld, O., 1872. *Mucor, Chaetocladium, Piptocephalis*. Botanische Untersuchungen über Schimelpilze I. Zygomyceten. 1—64.

[9] Christenberry, G. A., 1940. A taxonomic study of the Mucorales in the southeastern United States. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. **56**:333—366.

[10] Couch, J. N., 1925. A new dioecious species of *Choanephora*. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. **41**:141—150.

[11] Cunningham, D. D., 1879. On the occurrence of conidial fructification in the Mucorini, illustrated by *Choanephora*. Trans. Linn. Soc. Lond. II, **1**:409—422.

[12] ——————, 1895. A new and parasitic species of *Choanephora*. Ann. Roy. Bot. Gard. Calcutta, India VI, **4**:163—164.

[13] Currey, F., 1873. On a new genus in the order Mucedines. J. Linn. Soc. Lond. Bot. **13**:333—334, 578.

[14] Cutter, V. M., 1946. The genus *Cunninghamella* (Mucorales). Farlowia **2**:321—343.

[15] Eddy, E. D., 1925. A storage rot of peaches caused by a new species of *Choanephora*. Phytopathology **15**:607—610.

[16] Fischer, A., 1892. Phycomycetes. Die Pilze Deutschlands, Oesterreich und der Schweiz. (Rabenhorst's Kryptogamen-Flora) 1, **4**:1—505.

[17] Fitzpatrick, H. M., 1930. The Lower Fungi, Phycomycetes. 1—331. New York. McGraw-Hill Book Company.

[18] Gandrup, J., 1923. Onderzoekingen over het optreden von dufheid in tabak. Mededeelingen van het Besoekisch Proefstation **3**:5.

[19] Hesseltine, C. W., 1952. A survey of the Mucorales. Trans. New York Acad. Sci. **14**:210—214.

[20] ——————, 1953. A revision of the Choanephoraceae. Amer. Midland Nat. **50**:248—256.

[21] ——————, 1955. Genera of Mucorales with notes on their synonymy. Mycologia **47**:344—363.

[22] ——————, 1960. *Gilbertella* gen. nov. (Mucorales). Bull. Torrey Bot. Club **87**:21—30.

[23] ——————, & Benjamin, C. R., 1957. Notes on the Choanephoraceae. Mycologia **49**:723—733.

[24] 伊藤誠哉 (Ito, S.), 1936. 日本菌类志. 第1卷. 藻状菌. 1—340.
[25] Mangin, L., 1899. Observations sur la membrane des Mucorinees. J. de Bot. **13**:209—216, 339—348, 371—378.
[26] Marchal, E., 1893. Sur un nouveau *Rhopalomyces: Rh. macrosporus*. Rev. Mycol. **15**:7—12.
[27] Mehrotra B. S., & Mehrotra, M. D., 1961. A new species of *Choanephora* from India. Mycologia **53**:464—470.
[28] Moeller, A., 1901. Phycomyceten und Ascomyceten, Untersuchungen aus Brasilien. Schimper, Bot. Mitt. a. d. Tropen **9**:1—319.
[29] Naganishi, H., & Kawakami, N., 1955. On *Blakeslea* Thaxter in Japan. II. *Bl. circinans* sp. nov. Bull. Fac. Eng. Hiroshima Univ. **4**:183—187.
[30] Naumov, N. A., 1939. Clés des Mucorinées. Encl. Mycol. **9**:1—137.
[31] 欧世璜 (Ou, S. H.), 1940. Phycomycetes of China I. Sinensia **11**:427—449.
[32] Poitras, A. W., 1955. Observations on asexual and sexual reproductive structures of the Choanephoraceae. Mycologia **47**:702—713.
[33] Saccardo, P. A., 1886—1926. Syll. Fung. **4**:50; **9**:339; **14**:432; **17**:507; **24**:6.
[34] Saito, K., & Naganishi, H., 1915. Eine Neue Art von *Cunninghamella*. Bot. Mag. Tokyo **29**:285—286.
[35] Shanor, L., Poitras, A. W. & Benjamin, R. K., 1950. A new genus of the Choanephoraceae. Mycologia **42**:271—278.
[36] Sinha, S., 1940. A wet rot of leaves of *Colocasia antiquorum* due to secondary infection by *Choanephora cucurbitarum* Thaxter and *Choanephora trispora* Thaxter sp. (=*Blakeslea trispora* Thaxter). Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B, **11**:167—176.
[37] 戴芳瀾 (Tai, F. L.), 1934. A species of *Choanephora* with dichotomously branched conidiophore. Sinensia **4**:215—224.
[38] ——————, 1936—1937. 中国真菌名录. 清华大学理科报告, 第2种, **2**:137—165, 191—639.
[39] Thaxter, R., 1903. A new England *Choanephora*. Rhodora **5**:97.
[40] ——————, 1914. New or peculiar Zygomycetes III. *Blakeslea* and *Haplosporangium*, Novo genera. Bot. Gaz. **58**:353—366.
[41] Torrey, G. S., 1921. Les conidies de *Cunninghamella echinulata* Thaxter. Bull. Soc. Mycol. France **37**:93—99.
[42] Van Tieghem, P., & G. le Monnier, 1873. Recherches sur les Mucorinées. Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. 5, **17**:261—402.
[43] Vuillemin, P., 1904. *Spinalia radians* g. et sp. nov. et la serie des Dispirées. Bull. Soc. Mycol. France **20**:26—33.
[44] Weber, G. F., & Wolf, F. A., 1927. Heterothallism in *Blakeslea trispora*. Mycologia **19**:302—307.
[45] Wolf, F. A., 1927. A squash disease caused by *Choanephora cucurbitarum*. J. Agr. Res. **8**:319—327.
[46] Zycha, H., 1935. Mucorineae. Krypt. Flora v. Mark. Brandenburg **6a**:1—264.

THE MUCORALES OF CHINA I. CHOANEPHORACEAE

CHENG JU-YUNG AND WU FU-MEI
(Institute of Microbiology, Academia Sinica)

ABSTRACT

From more than 8,000 soil samples and plant materials collected from 25 provinces and districts in this country, 138 isolates of the Choanephoraceae have been obtained. These include 1 species of the genus *Gilbertella* (*G. persicaria*) and 5 species of the genus *Choanephora* (*C. circinans, C. trispora, C. cucurbitarum, C. conjuncta* and *C. infundibulifera*). The recently reported species of the latter genus, *C. heterospora* has not been

found. Keys to the genera and species as well as detailed description, synonymy and distribution of each of them are given. The phylogeny and limits of the family, genera and species are also discussed.